



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

KONSTRUKCE ASISTENČNÍHO ROBOTA

DESIGN OF ASSIST ROBOT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ondřej Novotný

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Kučera

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav konstruování
Student: **Ondřej Novotný**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Petr Kučera**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Konstrukce asistenčního robota

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Tým vývojářů z fakulty informačních technologií vytvořil autonomního asistenčního robota Boba, který je určen pro asistenci seniorům. Robot musí být kompaktní a lehké tříkolové konstrukce s nezávisle ovládanými předními koly. Musí být schopen zdolávat vysoké prahy.

Typ práce: vývojová – konstrukční

Cíle bakalářské práce:

Hlavní cílem je zkonstruovat rám a zvedací mechanismus asistenčního robota pro seniory podle požadavků zadavatele.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- návrh variant,
- kontrola finálního řešení,
- realizace vybraného návrhu.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, výkresy součástí, výkres sestavení, digitální data.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2017.pdf

Seznam doporučené literatury:

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. V Brně: VUTUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK. Základy konstruování. Vydání šesté. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-80-7204-921-9.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je konstrukční návrh rámu a zvedacího mechanismu asistenčního robota „Boba“. Součástí práce je návrh variant mechanismů, převodů a celkové konstrukce, kontrola finálního řešení a realizace prototypu. Konstrukce rámu je navržena z kompaktního a zároveň lehkého materiálu hliníku. Podvozek je tříkolové konstrukce schopný překonávat vysoké prahy díky velkým kolům. Pro pohon kol byl vybrán DC motor se jmenovitými otáčkami 500 ot./min, pro dosažení požadované rychlosti 1,5 m/s, a kroutícím momentem 600 Nmm, který je umístěn uvnitř nezávisle poháněných předních kol. Pro řešení zvedacího mechanismu byl zvolen pohybový šroub s trapézovým závitem s označením Tr 10x3 vyrobený dle normy DIN 103 z materiálu C15. Součástí práce byla výroba prototypu pro odfyzikální vyzkoušení všech navržených mechanismů a převodů s ohledem na vstupní náklady.

KLÍČOVÁ SLOVA

Asistenční robot, konstrukce rámu, zvedací mechanismus, mobilní robot

ABSTRACT

The aim of the Bachelor thesis is design of frame and lifting mechanism of assist robot called „Bob“. The thesis consist of several construction design of mechanism and gears, final solution control and creating of prototype. For the materiál of frame construction was chosen the aluminium because of its hardness and weight. The chassis of robot is 3-wheeled construction unable passing through threshold. The motor for robot drive was chosen DC motor with 500 rpm and torque 600 Nmm, which is placed inside of front wheels. For the lifting mechanism was chosen the motion screw with trapezoidal screw-thread Tr 10x3 made by DIN 103 from C15 steel. Another part of the thesis was create of the prototype for testing whole mechanisms and gears.

KEY WORDS

Assist robot, frame construction, lifting mechanism, mobile robot

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu své bakalářské práce Ing. Petru Kučerovi za odborné vedení a cenné rady, kterými mě provázel a byly pro mne velkým přínosem. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Vítězslavu Beranovi Ph.D. za možnost se podílet na tomto projektu a za dobré vedení mé práce. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině a svým kamarádům za podporu, která mě provázela po celou dobu studia.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci, na téma Konstrukce asistenčního robota, vypracoval samostatně pod vedením Ing. Petra Kučery a Ing. Vítězslava Berana Ph.D.. Dále prohlašuji, že všechny zdroje a informace, které byly použity, jsou řádně ocitovány a uvedeny v seznamu použitých zdrojů.

V Brně dne

.....
Novotný Ondřej

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

NOVOTNÝ, O. *Konstrukce asistenčního robota*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2017. 41 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Kučera.

OBSAH

Obsah	9
1 ÚVOD	11
2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ.....	12
2.1 Rozdělení robotů.....	12
2.1.1 Podle generace.....	12
2.1.2 Průmyslové roboty a manipulátory	12
2.1.3 Mobilní roboty.....	13
2.1.4 Humanoidi	14
2.2 Firmy zabývající se obdobnou tematikou	14
2.2.1 ZMS s.r.o.....	14
2.2.2 IBM.....	14
2.2.3 Accompany.....	15
2.3 Sestrojené roboty	15
2.3.1 ASRO	15
2.3.2 IBM MERA	16
2.3.3 Care-O-bot.....	17
2.3.4 Hobbit robot.....	18
3 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ.....	20
3.1 Návrh rámu robotu.....	20
3.1.1 Varianta č.1.....	20
3.1.2 Varianta č.2.....	21
3.1.3 Varianta č.3.....	22
3.1.4 Varianta č.4.....	22
3.2 Návrh zvedacího mechanismu	23
3.2.1 První Varianta.....	23
3.2.2 Druhá varianta	24
3.2.3 Vyhodnocení.....	25
3.3 Návrh vysouvacího mechanismu	25
3.3.1 Varianta 1	25
3.3.2 Varianta 2	25
3.3.3 Varianta 3	26
3.3.4 Varianta 4	26
3.4 Návrh mechanismů na pohon (řemenové převody).....	27
3.4.1 Varianta 1	27
3.4.2 Varianta 2	28
3.4.3 Varianta 3	29
3.5 Návrh motorů.....	30
4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ.....	31
4.1 Konstrukce pohonného mechanismu	31
4.2 Konstrukce zvedacího mechanismu.....	33
5 Diskuze.....	35
6 Závěr.....	36
7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	37
8 Seznam použitých zkratk a symbolů.....	39
9 Seznam Obrázků	40
10 Seznam příloh	41

1 ÚVOD

1

Robot je definován jako automaticky řízený, opakovatelně programovatelný stroj, který je schopen manipulace s předměty a je schopen reagovat na vnější okolí. Od roku 1920, kdy Karel Čapek zavedl již zmíněné slovo „robot“, zažil svět velkou revoluci v tomto odvětví a dnes už jsou roboti neodmyslitelnou součástí každodenního života. Téměř každý má doma nebo v práci stroj, který napomáhá ve všedních i nevšedních úkolech. Tyto přístroje by měly být nápomocny u namáhavých monotónních prací nebo by měly sloužit postiženým a starým lidem, kteří se již špatně pohybují. Pro tyto starší, špatně se pohybující osoby, jsou obtížné někdy i jednoduché úkony, nebo drobné práce v domácnosti. Mezi jednoduché úkony, pro nás zdravé osoby naprosto banální, patří například obyčejné zvedání předmětů. Studie dokazují, že lidská populace stárne mílovými kroky, a tudíž nutné zaměřit pozornost k této problematice a věnovat se vývoji různých pomůcek pro tuto část obyvatelstva již nyní, aby starší generace mohly i nadále být soběstační a žít nezávisle na pomoci druhých co nejdéle a užívat si života bez většího omezení.

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí asistenčního robotu určeného právě pro pomoc seniorům či tělesně postiženým lidem při zvedání různých menších předmětů ze země jako jsou plastové láhve, brýle a jiné. Tato práce se zabývá konstrukcí rámu robotu, dále navržením vhodných mechanismů zajišťujících zvedání a vysouvání nakládacího boxu a také navržením co nejvhodnějšího umístění motorů baterií, senzorů a dalších komponent.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2.1 Rozdělení robotů

Roboti se používají takřka ve všech průmyslových odvětvích, např. automobilový průmysl, nemocniční objekty, vojenské objekty, ale i v běžných domácnostech. Roboty můžeme rozdělit podle několika rozdílných vlastností a parametrů následovně:

2.1.1 Podle generace

a) 1. generace

Patří sem manipulátory s programovým řízením, které mají pevně daný program pro jednotlivé operace. Tyto operace se u robotů první generace nemění.

b) 2. generace

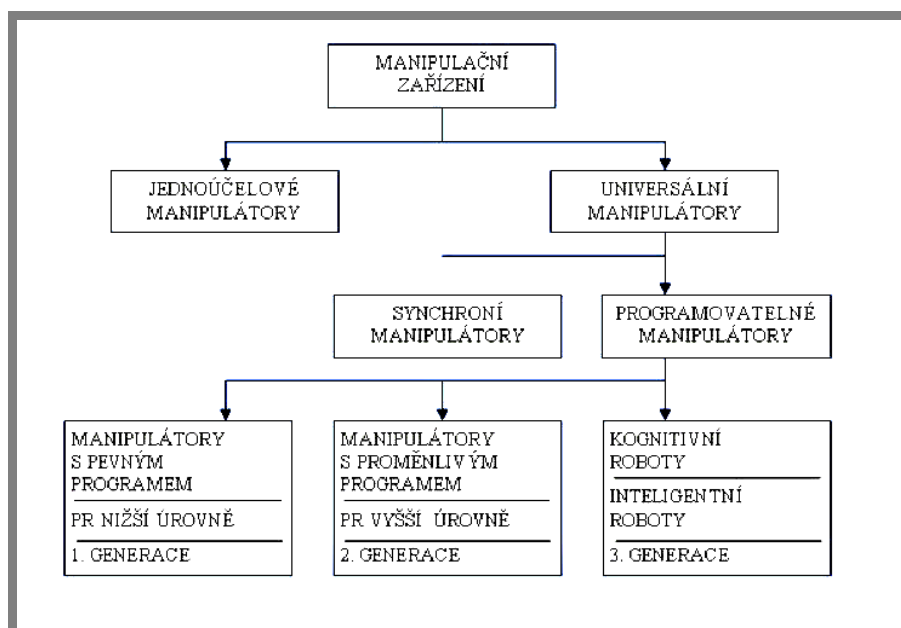
Tyto roboty jsou opatřeny senzory, čidly a kamerami a řadí se do vyšší úrovně robotů. Tato zařízení jsou řízena systémem „oko-ruka“.

c) 3. generace

Roboty 3. generace, tzv. „inteligentní roboty“, se dokáží učit a tím se i přizpůsobovat okolí na ně působícího. Díky těmto vlastnostem mohou samostatně řešit úkony které jsou jim zadávány. [23]

2.1.2 Průmyslové roboty a manipulátory

Definice průmyslového robota dle P. N. Beljanin zní: „*Průmyslový robot je autonomně fungující stroj – automat, který je určen k reprodukci některých pohybových a duševních funkcí člověka při provádění pomocných a základních výrobních operací bez bezprostřední účasti člověka zrakem, hmatem, pamětí apod., schopností samovýuky, samoorganizace, a adaptace, tj. přizpůsobivosti k danému prostředí*“. Manipulační zařízení můžeme rozdělit dle následujícího schématu:



Obr. 2-1 Rozdělení manipulačních robotů [21]

Průmyslové roboty a manipulátory se využívají při mnoha výrobních operacích, jakou jsou například svařování, manipulace s obrobky, nanášení ochranných nátěrů na obrobky apod., ale i nevýrobních operacích, například v medicíně, kdy se používají při operacích nebo v zemědělství při aplikaci ochranného postřiku, dále také ve stavebnictví, nebo v kosmonautice ve vesmíru a mnoha dalších oblastech. Použití průmyslových robotů poskytuje velké množství výhod, ale samozřejmě i určité nevýhody.

Mezi výhody lze zařadit: snížení nákladů na provoz, zvýšení kvality výroby, větší produktivita, snížení počtu zmetků, zvýšení bezpečnosti na pracovišti, snížení nákladů na pracovníky.

Mezi nevýhody patří: vysoké náklady na pořízení robotu a pracoviště, velká doba návratnosti výdajů, nutnost zaškolení odborných pracovníků. [21]

2.1.3 Mobilní roboty

2.1.3

Mobilní roboty jsou zařízení s automatickým řízením, pohybující se v určitém prostředí pro ně určeném. Tyto roboty můžeme rozdělit dle soběstačnosti a „chování“ robotu na:

a) Automatické dopravní vozíky

Automatické dopravní vozíky, zkráceně ADV, slouží pro převážení požadovaných objektů převážně ve výrobních prostorech. Zařízení mají předem předepsanou svou dráhu, na které se nacházejí programovatelné mezizastávky. Dráhy mohou být tvořeny několika druhy vedení např. elektrickými vodiči, magnetickými či optickými pásky, indukčním vedením, fluorescentním vedením, laserovým a dalšími. Trati ADV musí být čisté, aby nedocházelo ke špatnému kontaktu se senzorem a rovněž se na trati nesmí nacházet žádné překážky, které by znemožňovaly pohyb vozíku. Nabíjení ADV se uskutečňuje pomocí napájecích doků, do kterých zařízení buď najede samo nebo je pracovníkem do doku přemístěno.

b) Autonomní lokomoční roboty (mobilní roboty)

Na rozdíl od ADV, Autonomní lokomoční roboty, zkráceně ALR, nemají žádné vedení a k orientaci v prostoru využívají navigačních systému. Účelem těchto systémů je určit kde se robot nachází, dále lokalizovat cíl cesty a naplánovat nejvýhodnější trasu. Specifickým znakem mobilních robotů je jejich soběstačnost ve známém i neznámém prostředí. Čili ALR dokáží, díky svým senzorům, předcházet kolizím s okolním prostředím, a navíc, pokud je překážka stacionárně umístěná, tak si i zapamatovat její umístění. ALR jsou používány v mnoha odvětvích, jako je strojírenský průmysl, zemědělství, zdravotnictví, nebo v prostředích člověku nebezpečných např. v oblastech s velkými výkyvy teplot, jako je Mars, nebo v radioaktivních prostředích. Použití je daleko větší než u ADV, roboty se využívají například pro:

- Manipulaci s různými objekty
- Montáže součástí
- Identifikaci prostředí
- Servis dalších zařízení
- Zábavu

Mezi konstrukční požadavky mobilního robotu patří, dostatečná tuhost rámu s ohledem na využití robotu pro nesení senzorů, motorů, baterií apod., vhodně zvolený podvozek a lokomoční ústrojí pro daný povrch po kterém se pohybují a zabezpečení dobré pohyblivosti. Podvozky mobilních robotů rozdělujeme podle druhu podvozku podle daného schématu. [22]

2.1.4 Humanoidi

Mobilní roboti jsou stroje, které svou konstrukcí připomínají lidskou bytost. Návrh robotu může být přizpůsoben z funkčních účelů, pro interakci s různými nástroji a prostředím, z experimentálních účelů, například pro studii bipedální lokomoce, nebo z jiných důvodů. Obecně se humanoidi skládají z trupu, hlavy, párů horních a dolních končetin ale někdy mohou humanoidi obsahovat jen určitou část ze zmíněných partií, například jen horní polovinu konstrukce. Mezi Humanoidy se řadí skupina robotů nazývaná Androidi. Tato skupina humanoidů je konstruována, aby co nejvíce realisticky napodobovala lidskou bytost z estetického hlediska. [20]

2.2 Firmy zabývající se obdobnou tematikou

2.2.1 ZMS s.r.o

Společnost ZMS s.r.o. založil roku 1996 Ing. Milan Chloupek st. se svým synem Ing. Milanem Chloupkem ml. jako čistě rodinnou firmu zabývající se zámečnictvím a kovovýrobou obvyklých i speciálních produktů. Od roku 1999, kdy firma vybudovala vlastní zázemí ve formě výrobních a kancelářských ploch, se výrobní působení ZMS s.r.o. rozvíjelo hlavně ve strojírenství, elektrotechnice a dalších oborech. Díky vysokoškolskému vzdělání vedoucích pracovníků v mnoha technických oborech je firma schopna nabídnout komplexní služby od návrhu, výroby konstrukcí a prototypů až po sériovou výrobu. Společnost se hlavně zabývá realizací vývoje a výrobě kusových zařízení jako jsou např. svorníková svářečka, polohovací stojany pro fotovoltaiické panely a kolektory, solární elektrárny stacionární ale i přenosné, napájecí zdroje a osobní roboty. [4]

2.2.2 IBM

IBM je akciová společnost sídlící v americkém Armonku, která byla založena roku 1911 Charlesem Ranlettem Flintem zpočátku s názvem Computing-Tabulating-Recording company (CTR) a později roku 1924 byla přejmenována na International Business Machines Corporation zkráceně IBM. Firma se na počátku zabývala výrobou vah, kráječů, hodin pro kontrolu pracovní doby apod. Později tato korporace vyráběla zařízení na zpracování děrných štítků zejména pro statistické účely. Díky vysokému zájmu o tyto služby se společnost rozrostla téměř po celém světě. Zajímavým faktem je, že IBM před i během druhé světové války dodávala registrační automaty do mnoha koncentračních táborů a poskytovala servis i instalaci těchto zařízení. Tehdejší ředitel Thomas J. Watson několikrát osobně navštívil Třetí říši a setkal se s Adolfem Hitlerem, aby uzavřel speciální smlouvy na dodání licencovaných registračních strojů a po roce 1942 nechal evropské pobočky porušovat zákon z roku 1941, který se týkal zákazu obchodování s nepřítelem. Po válce byla společnost z tohoto důvodu postavena před soud. Později se společnost zabývala výrobou osobních počítačů, kde ve své době konkurovala nynějším světovým firmám jako jsou například Apple. IBM nyní spolupracuje s Texaskou

univerzitou Rice University a pracují na vývoji robota IBM MERA, který je určen pro pomoc seniorům. [3]

2.2.3 Accompany

2.2.3

Je projekt Německé společnosti Fraunhofer IPA, který je založen aby pomohl seniorům při každodenních úkonech pomocí “robotického společníka“. Cílem projektu je vyvinout přístroje, které usnadní život při fyzických i sociálních činnostech seniora. Accompany se skládá z několika sdružených a různě zaměřených univerzit, aby se docílilo technologických i etických vlastností robota. Sdružení se skládá z následujících vlastníků: [2]

1. The University of Hertfordshire (Spojené království)
2. Hogeschool Zuyd (Nizozemsko)
3. Fraunhofer (Německo)
4. University of Amsterdam (Nizozemsko)
5. University of Siena (Itálie)
6. Maintien en Autonomie à Domicile des Personnes Agées (Francie)
7. University of Birmingham (Spojené království)
8. University of Warwick (Spojené království)
9. University of Twente (Nizozemsko)

2.3 Sestrojené roboty

2.3

2.3.1 ASRO

2.3.1

ASRO je název asistenčního robota sestrojeného společností ZMS s.r.o. Robot je určen k dovozu vzdálených předmětů pro dočasně nebo trvale zdravotně indisponované osoby. Z důvodu zmenšení hmotnosti má robot hlavní nosné komponenty, jako jsou paže a rám, vyrobené ze dřeva, podvozek a všechny kryty jsou z plastu. Z pevnostních důvodů jsou převody a mechanismy robota vyrobené z kovového materiálu. Konstrukce podvozku u robota ASRO je tříkolová, čímž se omezuje pohyb do schodů a prahů vyšších než 5 cm. Přenos a uchycení předmětu zajišťují dvě ramena s úchopnými prsty. Maximální nosnost ramen se pohybuje kolem 3 kg. Prsty jsou opatřeny IR senzory a díky tomu si robot může předmět uchopit v nejlepší možné pozici a zabránit následovnému převrnutí předmětu. Na pohon ramen jsou použity upravené servo motory. Robot se může pohybovat maximální rychlostí 0,61 m/s. Tříkolový podvozek je vybaven dvěma poháněnými koly o průměru 200 mm a jedním volně se otáčejícím se kolem o průměru 100 mm. Na podvozku jsou umístěny IR senzory proti kolizi s okolními předměty a proti pádu z vyvýšených míst jako je například schodiště. Do konstrukce podvozku jsou vloženy akumulátory o kapacitě 36 Ah, které umožňují provoz robota až 4 dny bez nabíjení. Na robota je i záložní baterie určená hlavně pro dojetí do dokovací stanice. Robot je 1,05 m vysoký, 0,45 m široký, 0,5 m dlouhý a váží přibližně 30 kg. [4]



Obr. 2-2 robot ASRO [13]

2.3.2 IBM MERA

IBM MERA je dílo texaské Rice University ve spolupráci s nadnárodní společností IBM. Projekt byl založen díky predikci stárnoucí populace a je určen pro pomoc seniorům být nezávislí i v pokročilém věku. Robot pomáhá hlídat osobu a jeho životní funkce, aby byla daná osoba v bezpečí. Robot je opatřen pohybovými, pachovými i zvukovými senzory pro predikování všech možných nebezpečných scénářů. Zapomene-li senior například vypnout sporák nebo jiný životu nebezpečný spotřebič IBM MERA ho upozorní na potenciální nebezpečí. Díky akcelerometru také dokáže rozpoznat, jestli senior upadne. V případě pádu robot zavolá pomoc. Na robotu jsou umístěny kamery, které se zaměřují i na mimiku osoby a dokáže rozpoznat, pokud je osoba smutná, raduje se apod. Dále robot dokáže hlídat tepovou frekvenci, dechovou frekvenci, krevní tlak a další životní funkce. Stroj využívá IBM Cloud a Softbank pepper. IBM MERA je první stroj využívající systém Watson což je počítačový systém schopný odpovídat na kladené otázky v hovorové mluvě. Tento systém usnadňuje komunikaci uživatele se strojem. [5] Robot zatím není k dostání spotřebitelům, protože je ve fázi prototypu a firma IBM společně s texaskou univerzitou musí udělat několik výzkumů a zlepšení, než půjde IBM MERA na trh. [6] [7]



Obr. 2-3 IBM MERA [8]

2.3.3 Care-O-bot

2.3.3

Výrobou pomocných robotů se také zabývá Německá firma Fraunhofer IPA, která sestrojila sérii robotů Care-o-bot. Značka Care-o-bot má již čtyři různé variace prototypů.

Care-o-bot I

První z této řady robotů je Care-o-bot I zkonstruovaný v roce 1998. Robot se skládal z mobilního podvozku a flexibilní interaktivní dotykové obrazovky schopné intuitivní komunikace s uživatelem. Již tento prototyp se dokázal bezpečně a spolehlivě pohybovat ve veřejném prostředí a tím i provádět jednoduché transportní úkony. Robot také úspěšně působí na veletrzích jako průvodce při několika slavnostních příležitostech, například na výroční exhibici FESTO v roce 2001, a také poskytuje základ pro vývoj tří muzeí robotů v Berlíně. [17]

Care-o-bot II

Druhý prototyp z této série byl postaven roku 2002. Od prvního návrhu se zásadně lišil přidáním manipulačního ramene, nastavitelnými chodícími podporami a naklánějící se hlavou se senzory a dvěma kamerami a laserovým skenerem pro vnímání prostředí. Manipulátor byl speciálně vyroben pro domácí použití a pro manipulování s běžnými domácími předměty. Flexibilní rameno připevněné k manipulátoru bylo schopné uchopit různé předměty jako talíře, hrnky a láhve. Mobilita robotu se oproti přechodí verzi vylepšila a druhý prototyp dokázal plnit jednoduché manipulační úkony autonomně. [16]

Care-o-bot 3

U třetí generace Care-o-bot výzkumu se vývojáři snažili i o estetický vzhled robotu a vylepšení mechanismů a komponent pro každodenní použití. Robot byl určen pro pomoc seniorům při podávání předmětů a plnění daných úkolů zadaných přes tablet kterým daná osoba robot ovládá a dává tak zařízení jasné příkazy. Zařízení hlídá také

životosprávu osoby a pokud senior například nepožívá dostatečný přísun tekutin nebo si zapomene vzít léky, tak ho Care-o-bot 3 upozorní přes tablet. Robot také dokáže rozpoznávat předměty a sám navrhne interakci s daným předmětem na tabletu, např.: Pokud návštěva donese kytici, Care-o-bot 3 nabídne na tabletu donesení vázy nebo pokud zazvoní zvonek s poštákem u dveří, tak robot dokáže otevřít dveře a převzít zásilku. Dále dokáže rozpoznávat obličeje, a tudíž navrhnout další interakce pro dané osoby. Nejedná se ale pouze o pomocnou sílu, nýbrž i o společníka čili se s ním senior může zabavit i za pomoci různých aplikací. Podvozek je čtyřkolové konstrukce a tělo je částečně flexibilní s měkkým polstrováním po obvodu. Na tělu je upevněna interaktivní dotyková obrazovka, sloužící i jako podnos, a manipulační rameno zakončené třemi prsty pro uchopování předmětů. Robot je 75 cm dlouhý, 55 cm široký a 145 cm vysoký a váží 180 kg. Maximální rychlost robotu je 1,5 m/s. Baterie použitá u Care-o-bot 3 má kapacitu 60 Ah při napětí 48 V. Všechny motory jsou připojeny k nouzovému obvodu. Na „hlavě“ robotu je stereo kamera a 3D senzory uložené na otočném zařízení. [15]

Care-o-bot 4

Nejnovější verze prototypu byla zkonstruována v roce 2015. Robot je 72 cm dlouhý, 72 cm široký a 158 cm vysoký, při celkové váze robotu 140 kg. Při této velké hmotnosti robot dosahuje maximální rychlosti 1,1 m/s. Robot má 29 stupňů volnosti a obsahuje tři bezpečnostní skenovací lasery, dva bezpečnostní elektronické signály STO (Safety Torque Off), zvlášť oddělené pro mobilní základnu a trup robotu. Každý modul obsahuje nouzové vypínací tlačítko. Care-o-bot v sobě ukrývá čtyři až šest procesorů Intel NUC i5 s externí pamětí 256 GB a 8 GB RAM. [14]



Obr. 2-4 Generace robotů Care-o-bot [18]

2.3.4 Hobbit robot

Hobbit robot je produktem projektu „Hobbit – the mutal care robot“ Vienna University of Technology založený 1. listopadu 2011. Hlavním cílem projektu bylo vytvoření pomocného robota pro seniory, aby se cítili v bezpečí. Hobbit robot umí poznat určité předměty, zvednout je z podlahy a dopravit k určité osobě. Robot je vybaven nástroji a aplikacemi pro udržení sociálního života. Díky těmto aplikacím

udržuje Hobbit robot seniory v aktivním pohybu hraním různých her a cvičením. Na ovládacím panelu lze sledovat filmy, poslouchat hudbu nebo číst knížky. Hobbit robot dokáže rozpoznat nouzové situace a spustit poplach, pokud tato situace nastane. Projekt se zaměřuje na vzájemnou výpomoc a vztah robotu a člověka. Hlavním úkolem robotu je prevence a detekce pádu. Aby docílil tohoto úkolu, tak robot odklízí z podlahy veškeré objekty, které zvyšují riziko pádu. [9]

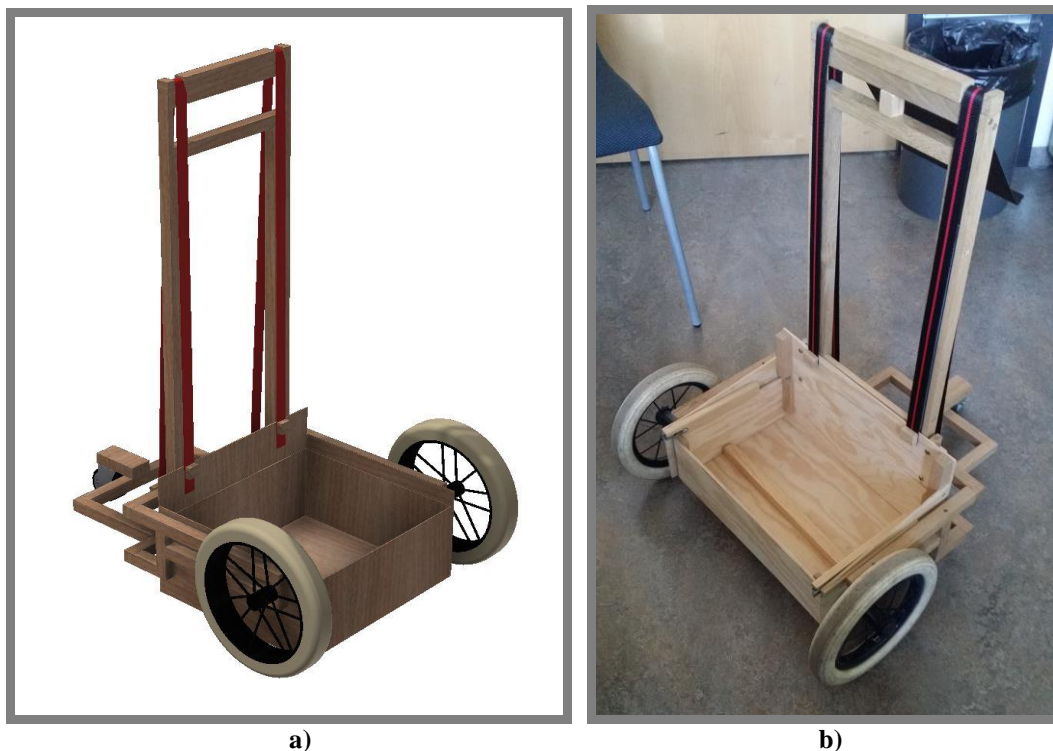


Obr. 2-5 Hobbit robot [19]

3 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

3.1 Návrh rámu robotu

Rám robotu je hlavním nosným prvkem stroje tudíž by měl být dostatečně tuhý, aby udržel nosnost všech komponent a sil od daných navržených mechanismů. Při návrhu rámu se postupovalo dle tvaru, který zadavatel, pan Vítězslav Beran, požadoval. Byl Vytvořen předběžný dřevěný model sloužící jako předloha a vize, kterým by se práce měla ubírat. Tento předběžný model se postupně z konstrukčního hlediska vylepšoval a byla navržena místa, kde bude uložena veškerá elektronika (motory, baterie apod.). Dalším požadavkem byla co nejmenší hmotnost rámu. Z důvodu těchto kritérií se při uvažování nad materiálem upustilo od dřeva a oceli a jako materiál rámu byla zvolena svařovaná konstrukce z hliníku splňující oba požadované nároky.



Obr. 3-1 a) Modelu původního návrhu b) Sestrojený původní návrh

3.1.1 Varianta č.1

První variantou byl svařovaný rám z plochých, místy ohnutých, hliníkových profilů s ozubeným hřebenem umístěným na středu mezi podpěrnými profily a vodicími tyčemi. Tento návrh je konstrukčním řešením pro zdvižný mechanismus pomocí ozubeného kola umístěného na nakládacím boxu. Výhodou návrhu byly menší pořizovací náklady díky absenci závitových tyčí a matic. Nevýhodou bylo omezení prostoru pro uložení senzoru pohybu.



Obr. 3-2 První návrh svařovaného rámu

3.1.2 Varianta č.2

3.1.2

U dalšího koncepčního řešení se ozubený hřeben nahradil závitovými tyčemi, čímž se získal potřebný prostor pro umístění senzoru. Díky této změně se motor, zajišťující zdvih nakládacího boxu, přesunul do téměř nevyužitého prostoru pod poklop a zajistilo se tak i více místa v již zmíněném boxu.



Obr. 3-3 Druhý návrh svařovaného rámu

3.1.3 Varianta č.3

Třetí varianta je rozdílná ve tvaru podpůrných profilů držících pohonná kola a spodního tvaru profilu, který již není kruhový díky odlišnému převodovému mechanismu s větším úhlem záběru. Profily pro zajištění kol jsou z důvodu zvětšení průměrů kol upraveny a zbaveny přebytečného materiálu. Rovněž na základě diskuzí o umístění motorů pro pohon byl profil posunut více dozadu, čímž se docílilo toho, že motor mohl být umístěn v zadní části robotu a následnému zvětšení prostoru v nakládacím boxu.



Obr. 3-4 Třetí návrh svařovaného rámu

3.1.4 Varianta č.4

Poslední a zároveň konečná verze svařovaného rámu je obdobou předchozí verze s tím rozdílem, že došlo k posunutí profilů držící kolo, z důvodu dostatečné stability robotu při zvedání nakládacího boxu, a díky rozhodnutí o umístění motoru uvnitř kola jsou navařeny „L“ profily pro jejich zajištění. Upraven je i spodní plech, na kterém bude umístěn pohon pro zdvižný mechanismus. Převodový mechanismus byl zjednodušen a motor byl posunut k okraji, čímž vzniká více prostoru pro další umístění komponent.



Obr. 3-5 Konečný návrh svařovaného rámu

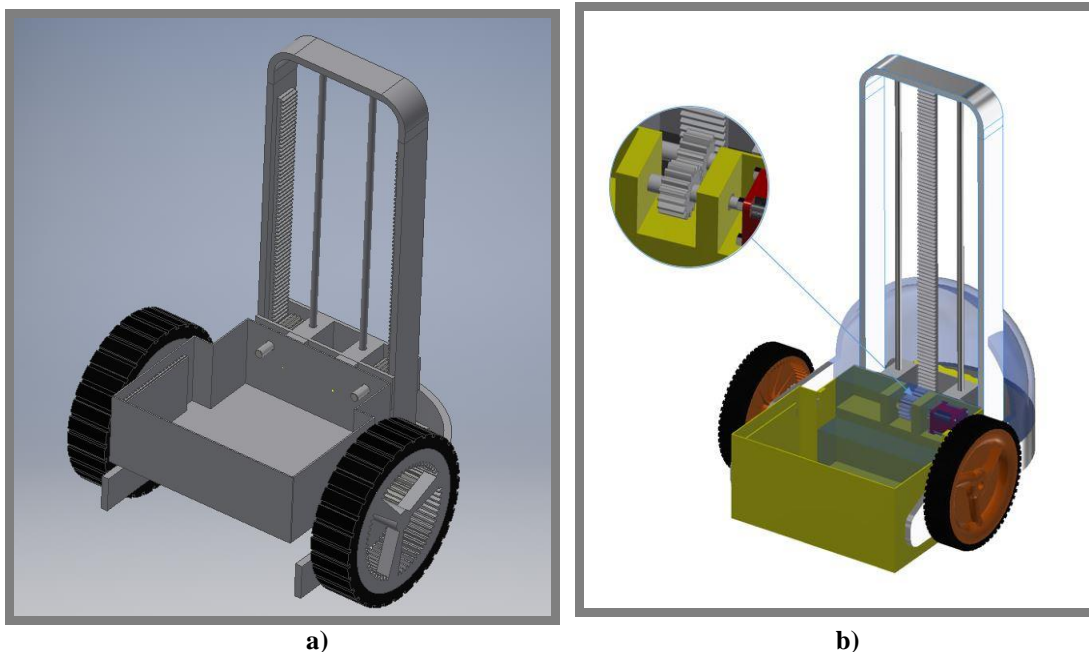
3.2 Návrh zvedacího mechanismu

3.2

3.2.1 První Varianta

3.2.1

V prvním návrhu zvedacího mechanismu byl navržen mechanismus ozubeného kola odvalujícího se po ozubeném hřebenu. Motor na pohon ozubeného kola byl umístěn na nakládacím boxu. Nevýhodou tohoto řešení bylo zajištění nakládacího boxu v horní poloze. Musel by být vybrán motor, který by dokázal ustálit sestavu i v klidové poloze. Prvotní variantou bylo umístění dvou ozubených hřebenů na rám, do kterých zabírala ozubená kola spojená, přes stavěcí šrouby, s motory. Uprostřed byly umístěny vodící tyče pro zajištění správného chodu. Nevýhodou tohoto konceptu bylo použití dvou motorů, čímž se zvětšily náklady i hmotnost nakládacího boxu. V druhé variantě se tedy upustilo od dvou ozubených hřebenů a byl použit pouze jeden a byl vložen do středu rámu. Opět byly použity vodící tyče pro zajištění správného posuvu.

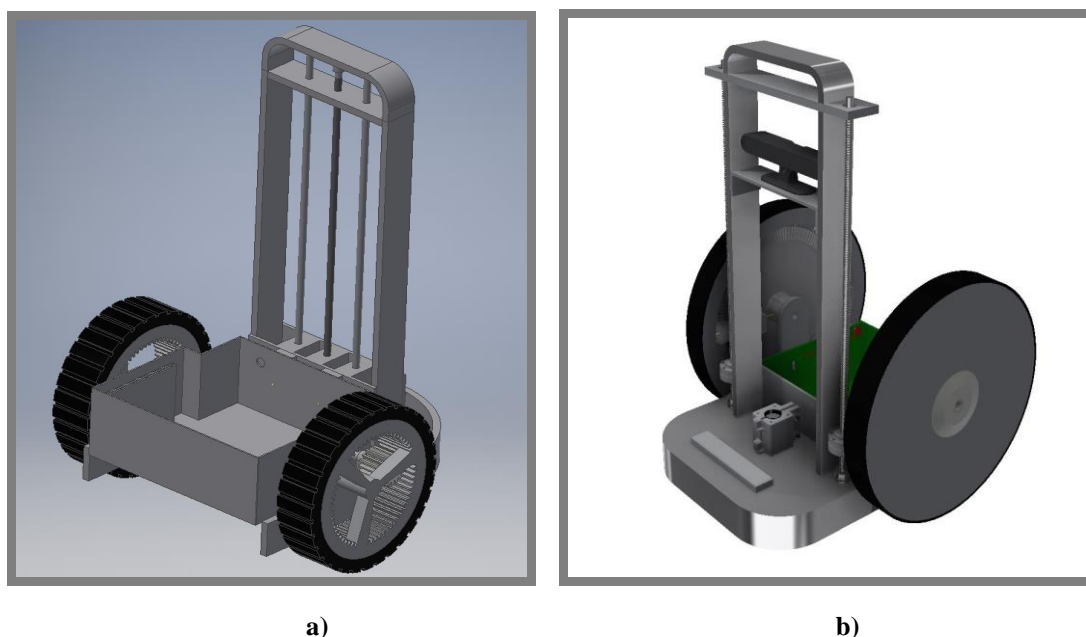


Obr. 3-6 a) První varianta se dvěma ozubenými hřebeny b) Druhá varianta s jedním ozubeným hřebenem

3.2.2 Druhá varianta

V druhém návrhu zvedacího mechanismu byly použity trapézové šrouby z materiálu C15 a přírubové trapézové matice vyrobené z bronzu Rg7.

Předběžný návrh zdvižného mechanismu pomocí pohybového šroubu byl s jedním šroubem uprostřed a vodícími lištami symetricky odsazenými. Tento návrh byl ovšem díky nutnosti umístění 3D senzoru ASUS Xtion Pro LIVE zavrhnut a nahrazen návrhem druhým, ve kterém byly dva pohybové šrouby, umístěny na okraj.



Obr. 3-7 a) První varianta s jedním pohybovým šroubem b) Druhá varianta se dvěma pohybovými šrouby

3.2.3 Vyhodnocení

3.2.3

Pro konečný návrh se upřednostnil mechanismus pohybového šroubu před ozubeným převodem, a to hlavně kvůli tomu, že u vybraného mechanismu může být nakládací box v klidové poloze, díky samosvornosti pohybového šroubu. Dalším podstatným důvodem výběru bylo umístění motoru na pohon zdvižného mechanismu. U pohybového šroubu byla pohonná jednotka umístěna dolu pod kryt, čímž se zvětšil nákladový prostor boxu.

3.3 Návrh vysouvacího mechanismu

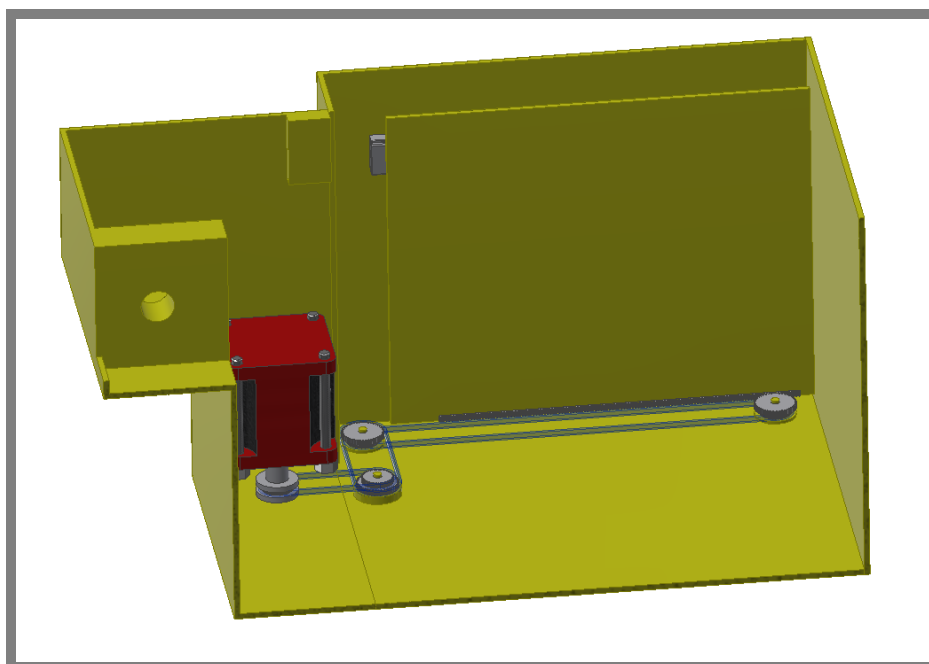
3.3

Problémem vysouvacího mechanismu bylo vymyšlení co nejvhodnějšího řešení pro výsuv přední části nakládacího boxu tak, aby mechanismus byl co nejjednodušší a aby zabíral, pokud možno, co nejméně místa v prostoru uvnitř nakládacího boxu.

3.3.1 Varianta 1

3.3.1

U první varianty byla zvolena soustava ozubených koleček, které přenášely rotační pohyb přes ozubené řemeny. Soustava byla zakončena ozubeným kolečkem zabírajícím do ozubeného hřebenu připevněného na boční desce posuvné části nakládacího boxu. Tento návrh sice nezabíral mnoho místa uvnitř nakládacího boxu, ale provedení montáže by bylo náročnější z důvodu většího počtu komponent.

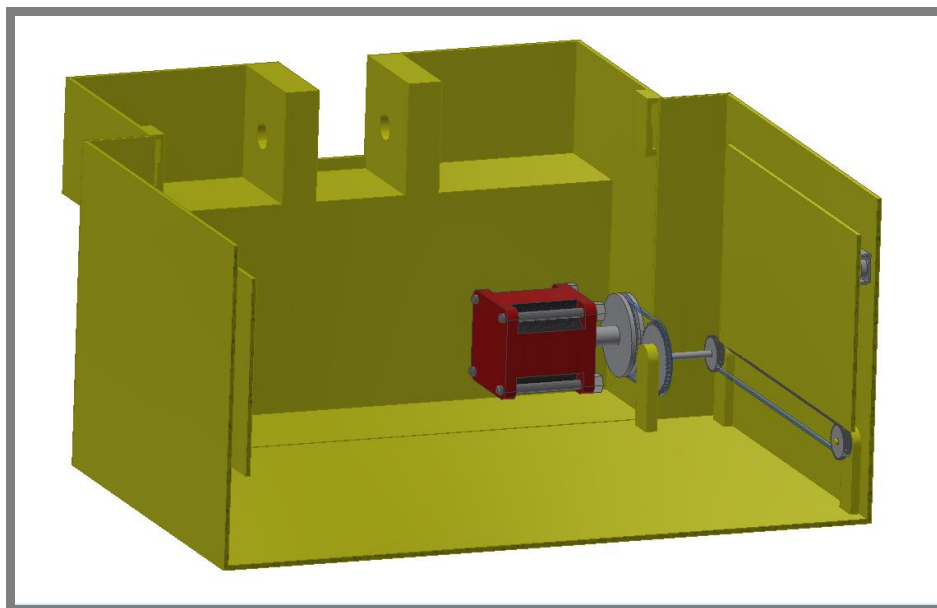


Obr. 3-8 První varianta vysouvacího mechanismu

3.3.2 Varianta 2

3.3.2

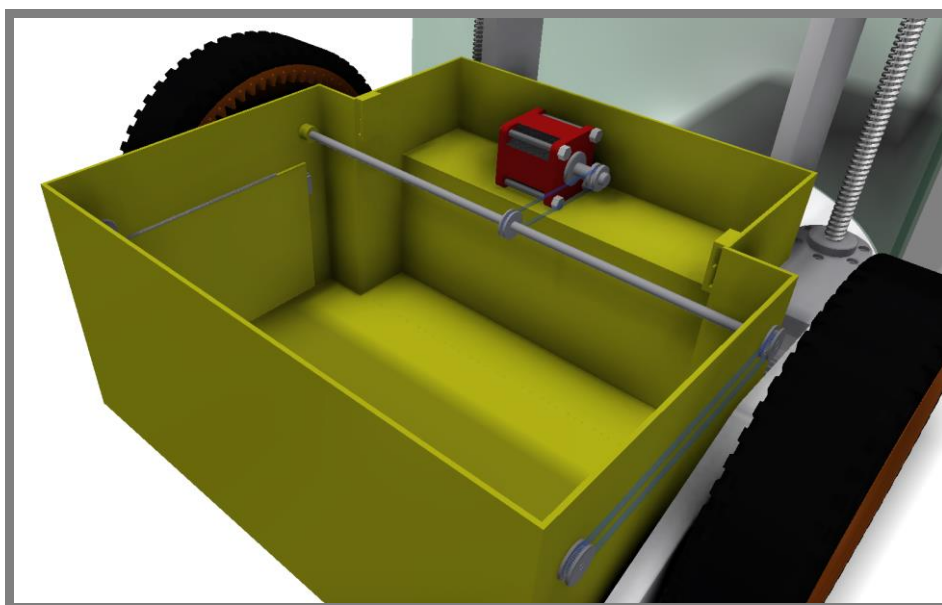
U druhé varianty se zjednodušily tvary dílů a zmenšil jejich počet. Vnitřní prostor se taktéž zvětšil díky vertikálnímu uložení ozubených koleček. Ozubený hřeben je zde umístěn na spodní straně boční desky posuvné části nakládacího boxu.



Obr. 3-9 Druhá varianta vysouvacího mechanismu

3.3.3 Varianta 3

U třetí varianty se zcela upustilo od vedení rotačního pohybu ve spodní části nakládacího boxu a mechanismus se umístil do horního kvadrantu. Soustava se skládá z malých ozubených řemenic spojených přes řemeny, hřídele přenášející krouticí moment na tyto řemenice a je ukončená ozubenými kolečky zabírající do ozubených hřebenů umístěných na horní rovině boční desky posuvné části nakládacího boxu.

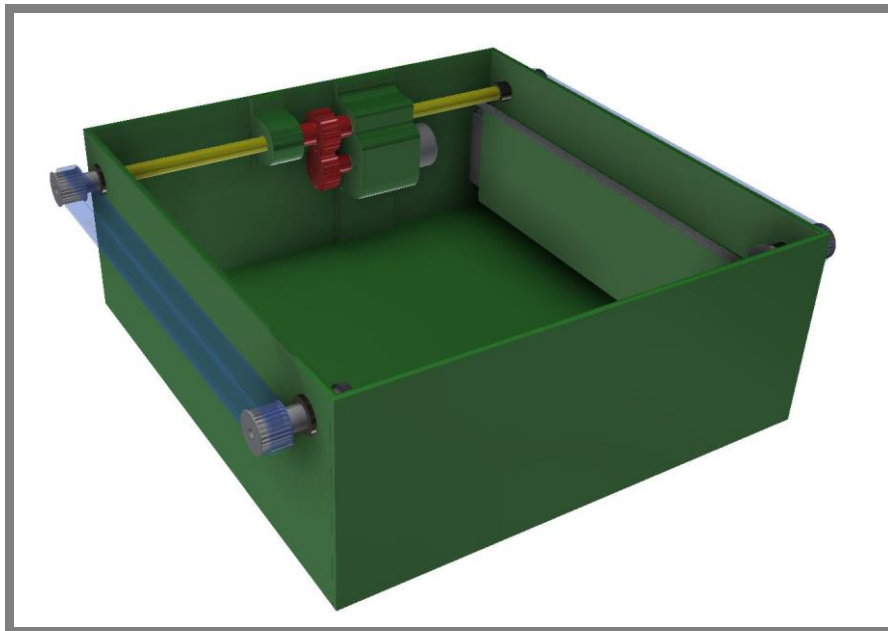


Obr. 3-10 Třetí varianta vysouvacího mechanismu

3.3.4 Varianta 4

V posledním konceptu je změněn tvar nakládacího boxu, díky tomu se mohla hřídel posunout co nejbliže k zadní stěně a ušetřit tím více místa pro objemnější předměty. Krouticí moment je z elektromotoru převeden přes ozubená kola na hřídel a tou na

ozubené řemeny HTD a dále přenášen řemenicemi. Soustava je ukončena hřídelí s ozubeným kolem zabírajícím do ozubeného hřebenu. Rotační části jsou uloženy v kluzných ložiscích IGUS MFM-0812-06 z materiálu iglidur M250. Díky největšímu nakládacímu prostoru je tento návrh vybrán za konečný.



Obr. 3-11 Finální varianta vysouvacího mechanismu

3.4 Návrh mechanismů na pohon (řemenové převody)

3.4

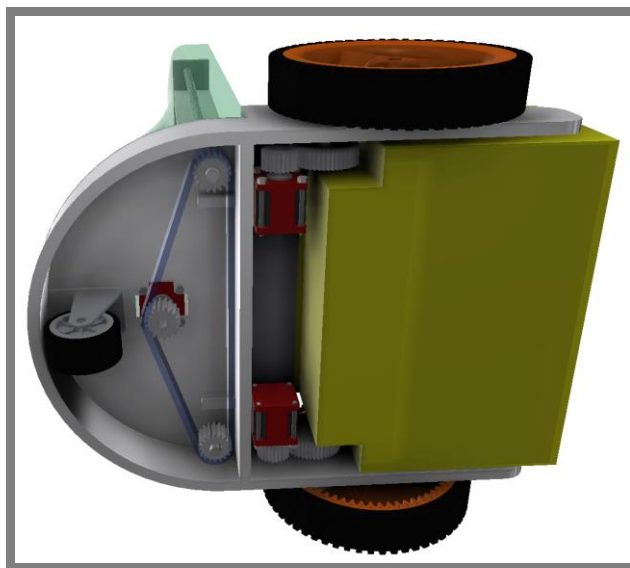
Pro pohon robotu a zvedacího mechanismu je důležitá co nejrychlejší reakce a co nejpřesnější manipulovatelnost. Díky tomu se při návrhu mechanismu na pohon upustilo od plochého nebo klínového řemenu z důvodu prokluzu a vybíralo se mezi ozubeným řemenem HTD nebo mezi převodem pomocí ozubených kol.

Pro pohon kol je vhodnější použití ozubených kol hlavně díky přesnějšímu ovládání a snadné výrobě.

3.4.1 Varianta 1

3.4.1

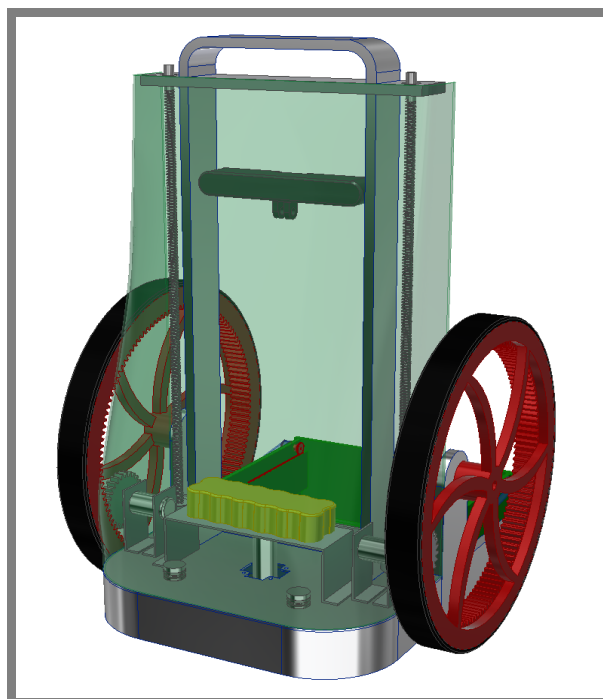
První návrh se skládal ze dvou motorů, umístěných na zadním profilu svařovaného rámu, a pastorků na motorech upevněných. Spoluzabírající ozubená kola jsou upevněna pomocí stavěcích šroubů na hřídel s dalším ozubeným kolem zabírajícím do vnitřního ozubení kola robotu. Nevýhodou tohoto konceptu bylo zmenšení prostoru pro nakládací box. Nakládací box zaujímal menší objem a musel být upraven i jeho tvar, jak lze vidět z obrázku (třeba 3). Další nevýhodou je větší počet ozubených kol a spojovacích komponent z čehož vyplývají i větší náklady na výrobu a komplikovanější montáž.



Obr. 3-12 První varianta pohonu

3.4.2 Varianta 2

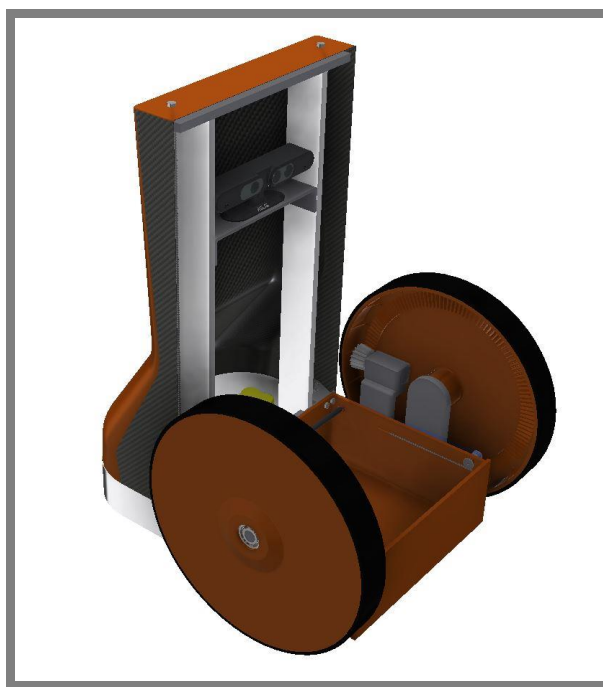
Výše popsané nevýhody byly odstraněny ve druhém konceptu, kdy se upravil svařovaný rám tak, aby se mohly motory na pohon umístit do zadní části robotu. Docílilo se toho zvětšením průměru kol a posunutím jejich os blíže k zadní části. Motory byly následně umístěny na poklop a zajištěny přes plechové držáky. Tato varianta sice odstranila nevýhody z předchozího návrhu, protože nakládací box může zaujímat všechny prostor mezi hliníkovými profily a počet komponent se snížil, ale přinesla sebou jinou nevýhodu a to tu, že pokud by náklad byl zvednut nakládacím boxem do horní polohy, tak by mohlo dojít k převrácení vozíku z důvodu posunutí kol směrem blíže k těžišti.



Obr. 3-13 Druhá varianta pohonu

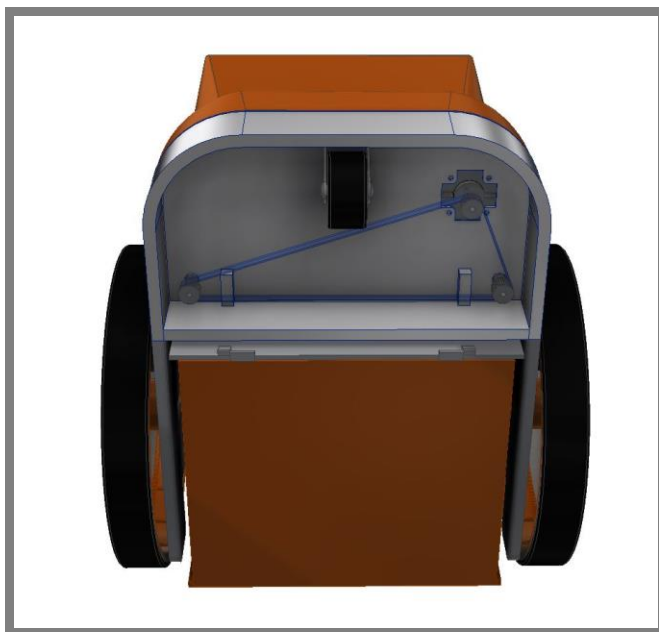
3.4.3 Varianta 3

Poslední a zároveň finální variantou bylo vložení motorů do vnitřního prostoru kola robotu. Na motor byl umístěn kuželový pastorek zabírající do kuželového ozubení na vnitřní ploše kola robotu. Nakládací prostor zaujímá všechny možný prostor, množství komponent bylo zredukováno a možnost převrácení robotu při zvednutí byla odstraněna posunutím os kol robotu dále od těžiště. Díky těmto faktům je tento koncept nejvýhodnější.



Obr. 3-14 Třetí varianta pohonu

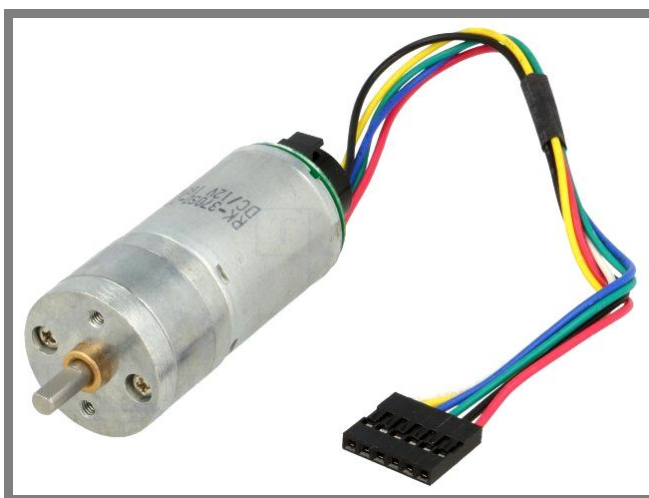
Pro pohon zvedacího mechanismu je výhodnější použití ozubených řemenů a řemenic typu HTD. Použití řemenových převodů, oproti ozubeným kolům, je v případě pohonu zvedacího mechanismu vhodnější kvůli vzdálenosti převodu, kdy za použití ozubených kol by bylo potřeba rozměrné spoluzabírající kolo. Díky řemenům a řemenicím typu HTD mohl být převod realizován na delší vzdálenost při zanechání malých rozměrů, tím pádem i malé hmotnosti.



Obr. 3-15 Návrh zvedacího mechanismu

3.5 Návrh motorů

Při navrhování motorů pro pohonné jednotky robota se uvažovalo nad několika typy elektrických motorů. V úvahu připadaly servo motory, DC motory z RC modelů, asynchronní motory, krokové motory, stejnosměrné a střídavé motory. Hlavním kritériem výběru motoru byl jeho rozměr a kroutící moment potřebný pro pohyb jednotlivých mechanismů. Servo motorky by odpovídaly malým rozměrům, avšak mají jednu nevýhodu. Nevýhoda servo motorků spočívá v tom, že motor se ve většině případů otáčí jen o určitý úhel, tudíž by byla nutná elektronická či mechanická modifikace motoru pro kontinuální otáčivý pohyb rotoru. Od synchronních a asynchronních motorů se upustilo kvůli dosahovaným rozměrům. Nakonec byl vybrán DC motor s převodovkou z RC modelů o průměru 25 mm a délky 50 mm a jmenovitými otáčkami 500 ot/min a dostatečným kroutícím momentem. Motor je pro jeho účel dostačující s malou hmotností 120 g. Cena motoru se pohybuje okolo 833,- Kč, tudíž není ani nijak finančně náročný.



Obr. 3-16 DC motor [11]

4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

4.1

4.1 Konstrukce pohonného mechanismu

Při konstrukčním řešení pohonu robotu bylo třeba uvažovat nad silami a kroutícími momenty působícími na pohonné jednotky. Na kola působí tíhová síla robotu a valivý odpor mezi podložkou a kolem. Obě tyto silové složky bylo třeba překonat k uvedení stroje do pohybu. Celková tažná síla musela být velká tak aby měl robot zrychlení dané zadavatelem a to $v=1,5$ m/s.

Při výpočtu potřebného kroutícího momentu motoru pro požadované zrychlení se vycházelo z druhého Newtonova pohybového zákona:

$$F = \frac{dp}{dt} = \frac{d(m \cdot v)}{dt} = m \cdot a$$

V našem případě rovnice vypadala následovně:

$$Fr = mr \cdot a_1 = 10 \cdot 1,5 = 15 \text{ N}$$

Kde **Fr** je Síla potřebná k pohonu robotu, **mr** je celková hmotnost robotu ($mr=10$ kg) a **a1** je požadované zrychlení ($a_1=1,5$ m/s). Pro určení celkové potřebné síly bylo třeba spočítat tíhovou sílu a sílu valivého odporu. Součinitel valivého odporu ξ byl zvolen pro dvojici pryžové kolo-asfalt $\xi=0,0016$ m. [10]

$$Fg = mr \cdot g = 10 \cdot 9,81 = 98,1 \text{ N}$$

$$Fv = \frac{Fg \cdot \xi}{\frac{dk}{2}} = \frac{98,1 \cdot 0,0016}{\frac{dk}{2}} = 1,59 \text{ N}$$

Po vypočtení těchto hodnot již mohla být vypočítána celková síla potřebná k překonání hmotnosti robotu, valivého odporu a k dosažení požadovaného zrychlení a z této síly dále potřebný kroutící moment.

$$Fp = Fr + 2 \cdot Fv = 15 + 2 \cdot 1,59 = 18,19 \text{ N}$$

$$Mp = \frac{Fp \cdot dk}{2} = \frac{18,19 \cdot 0,197}{2} = 1,79 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Na zuby pastorku o průměru $dpast=39$ mm v osové vzdálenosti $dpk/2=68,9$ mm působí síla rovna:

$$Fpast = \frac{2 \cdot Mp}{dpk} = \frac{2 \cdot 1,79}{0,1378} = 26 \text{ N}$$

A tomu odpovídá i kroutící moment na pastorku rovnající se potřebnému momentu elektromotoru.

$$Mpast = \frac{Fpast \cdot dpast}{2} = \frac{26 \cdot 0,039}{2} = 0,507 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Požadovaná rychlost robotu je 1 m/s, čemuž odpovídá úhlová rychlost v místě největšího průměru ωr a následné otáčky kola n_k :

$$\omega r = \frac{2 \cdot vt}{dk} = \frac{2 \cdot 1}{0,197} = 10,15 \text{ rad/s}$$

$$n_k = \frac{30 \cdot \omega r}{\pi} = \frac{30 \cdot 10,15}{\pi} = 96,95 \text{ ot/min}$$

Převodový poměr mezi pastorkem a kolem:

$$i_{past} = \frac{dpk}{dpast} = \frac{0,1378}{0,039} = 3,53$$

Díky tomuto převodovému poměru můžeme následně spočítat potřebné otáčky pastorku, které se rovnají otáčkám elektromotoru.

$$n_{past} = n_k \cdot i_{past} = 96,95 \cdot 3,53 = 342,55 \text{ ot/min}$$

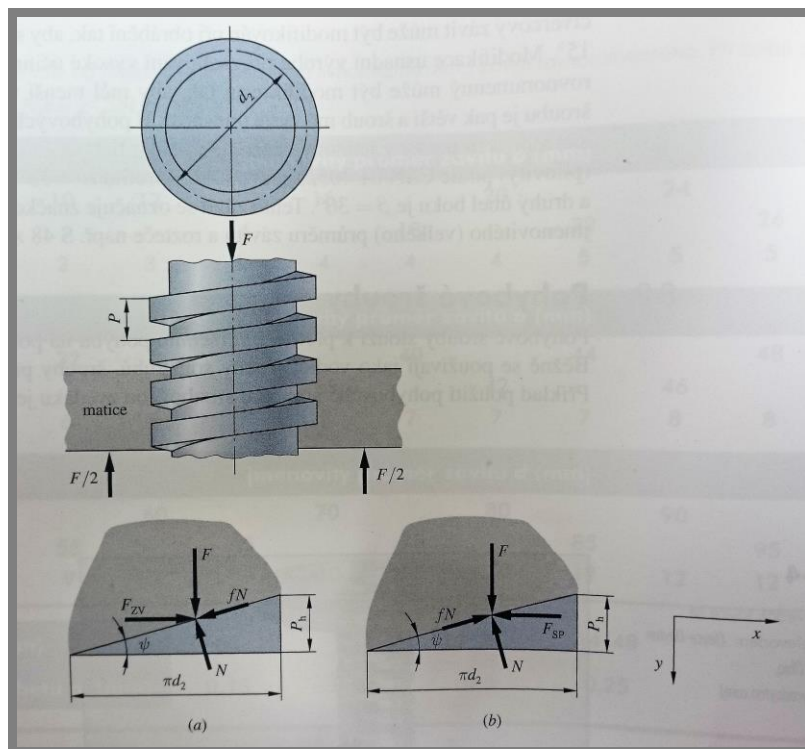
Hlavními faktory při výběru elektromotoru byly právě vypočtené hodnoty potřebného kroutícího momentu pastorku a potřebných otáček pastorku. Těmto hodnotám odpovídal DC motor uvedený na obr. 3-15 s uvedenými parametry na následujícím obrázku.

Výrobce	POLOLU
Typ motoru	DC
Druh motoru	s převodovkou
Napájecí napětí	12V DC
Řada	High Power
Transformační poměr	20.4:1
Oboustranná hřídel	ne
Jmenovité otáčky za převodovkou	500ot./min
Moment otáčení	max. 600mNm
Max. pracovní proud	5.6A
Pracovní proud	300mA
Průměr hřídele	4mm
Povrch hřídele	zářez D
Rozměry	25 x 50mm
Rozlišení	48imp/otáčku
Druh čidla	enkodér
Informace	Výrobek není hotovým zařízením, je to pouze komponenta
Další informace	
• Hmotnost brutto: 0.12 kg	

Obr. 4-1 Parametry DC motoru [11]

4.2 Konstrukce zvedacího mechanismu

Pro konstrukci zvedacího mechanismu byl vybrán pohybový šroub se čtvercovým jednochodým závitem o středním průměru $D=7,92$ mm, rozteči $P=3$ mm a úhlem stupání $\psi=3,23^\circ$. Tento pohybový šroub je zatížen tíhou nakládacího boxu a obsahu v něm umístěném. Při konstrukčním návrhu se počítalo s hmotností $m=5$ kg. Opět jako v předchozím výpočtu je zde cílem vypočítání potřebného krouťícího momentu a potřebných otáček elektromotoru.



Obr. 4-2 Silové poměry na rozvinutém závitu: a) zvedání břemene b) spouštění břemene [12]

Na obrázku 4-2 jsou znázorněny silové poměry na rozvinutém závitu pro zvedání a spouštění břemene, ze kterých budeme vystupovat u psaní rovnice statické rovnováhy ve směru osy x a y .

$$\sum F_x = F_{zv} - Ft \cdot \cos\psi + N \cdot \sin\psi = 0$$

$$\sum F_y = F + Ft \cdot \sin\psi - N \cdot \cos\psi = 0$$

Protože třecí síla $Ft = N \cdot f$, tak velikost normálové síly N se vyruší a po vyjádření síly Ft z rovnice směru y dostaneme vztah pro sílu potřebnou ke zvedání břemene:

$$F_{zv} = \frac{F \cdot (\sin\psi + f \cdot \cos\psi)}{\cos\psi - f \cdot \sin\psi}$$

Tuto rovnici vydělíme výrazem $\cos\psi$ a využijeme vztahu patrného z obrázku 4-2 kde $\tan\psi = Ph/\pi$ a dostaneme následující vztah:

$$F_{zv} = \frac{F \cdot \left[\left(\frac{Ph}{\pi} \cdot D \right) + f \right]}{1 - \left(f \cdot \frac{Ph}{\pi} \cdot D \right)} = \frac{5 \cdot 9,81 \cdot \left[\left(\frac{2,274}{\pi} \cdot 7,92 \right) + 0,1 \right]}{1 - \left(f \cdot \frac{2,274}{\pi} \cdot 7,92 \right)} = 9,474 \text{ N}$$

Nyní máme sílu potřebnou k vyzvednutí břemene, ze které dále můžeme spočítat potřebný krouticí moment jako součin této síly a středního poloměru pohybového šroubu:

$$M_{zv} = \frac{F \cdot D}{2} \cdot \frac{Ph + \pi f \cdot D}{\pi D - f \cdot Ph} = \frac{49,05 \cdot 7,92}{2} \cdot \frac{2,274 + \pi \cdot 0,1 \cdot 7,92}{\pi \cdot 7,92 - 0,12 \cdot 2,274} = 0,03752 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Samosvornost pohybového šroubu zjistíme následujícím vztahem:

$$f > \tan \psi \Rightarrow 0,1 > 0,91$$

Nyní si můžeme již lehce spočítat potřebné otáčky elektromotoru. [12]

$$n = \frac{v}{p} = \frac{60 \cdot 0,1}{0,003} = 2000 \text{ ot/min}$$

5 DISKUZE

Cílem této bakalářské práce bylo navržení konstrukce rámu a zvedacího mechanismu autonomního asistenčního robota, který je nápomocný špatně se pohybujícím seniorům při běžných úkonech v domácnosti. Robot, pojmenovaný Bob, byl vytvořen týmem vývojářů z Fakulty informačních technologií. Konstrukce robota byla navržena podle požadavků zadavatele (tým vývojářů z FIT). Požadavky zahrnovaly tyto parametry: robot musí být kompaktní, lehký, tříkolové konstrukce podvozku s nezávislými pohony na přední kola a robot musí umět zdolávat prahy.

Pro konstrukci rámu byl, s ohledem na požadovanou kompaktnost a malou hmotnost, zvolen materiál z hliníkového profilu. Byla navržena varianta sestávající z hliníkových, svařovaných dílů zahrnující zaoblený podvozek, nosné profily pro kola a nosný rám, který zachycuje pohybové šrouby a senzory. Tento rám byl navržen se stojany pro pohon kol, umístěných uvnitř kola.

Na konstrukci zvedacího mechanismu byly použity pohybové šrouby o průměru $d=10$ mm se stoupáním $p=3$ mm vyrobené z ušlechtilé oceli C15. Zvedání břemene bylo zajištěno přes přírubové matice s největším průměrem $d=42$ mm vyrobených z červeného bronzu Rg7.

Z důvodu, že se návrh celé konstrukce robota realizoval od úplného počátku, tedy od samotného návrhu koncepce, nebylo z finančních důvodů a rozpočtového omezení celého projektu možné vyrábět prototyp ihned z hliníku. V prvotní fázi se nejdříve realizoval prototyp vyrobený ze dřeva, na kterém se odzkoušelo chování robota, zda se chová podle požadavků. Na základě prvotních zkoušek byla navržena různá vylepšení, aby se odstranily všechny vyskytnuté vady. Při konstrukci konečné varianty prototypu se u pohonu zvedacího mechanismu použil motor s menšími otáčkami a proto zdvih břemene trvá delší dobu než s navrhovaným motorem o jmenovitých otáčkách 2000 ot. /min.

6 ZÁVĚR

Všechny dílčí cíle bakalářské práce jako jsou návrhy variant, kontrola finálního řešení a realizace prototypu, byly splněny dle požadavků zadavatele. Pro finální koncepci byla vybrána nejvíce vyhovující varianta. Pro finální variantu byly spočítány potřebné parametry pohonů. Většina dílů z prototypu byla nakoupena. Jednotlivé díly byly dále upraveny na požadovaný tvar a rozměr. Mnoho dalších součástí bylo také vytvořeno na 3D tiskárně UP mini, čímž se ušetřil čas, hmotnost a především i náklady na výrobu. U dalšího návrhu by se zoptimalizovaly všechny dosavadní nedokonalosti a následně nechal vyrobit hliníkový prototyp. Finální prototyp vyrobený z hliníkových profilů by již mohl být testován přímo v praxi, u vybraných jedinců, pro další úpravy a vylepšení.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

7

- [1] Daily mail [online]. 2015, , 14-15 [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2942888/Is-age-robotic-BUTLERS-180-000-AI-helper-responds-commands-bring-drinks-open-doors.html>
- [2] About Accompany. *ACCOMPANY* [online]. United Kingdom: The University of Hertfordshire, 2011 [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: <http://rehabilitationrobotics.net/cms2/>
- [3] IBM [online]. Praha: IBM Česká republika [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: <https://www.ibm.com/ibm/cz/cs/>
- [4] ZMS [online]. Třebíč: Milan Chaloupek, 2013 [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: <http://www.zms.cz/cze/>
- [5] Watson (computer). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Watson_\(computer\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Watson_(computer))
- [6] IBM is working on a robot that takes care of elderly people who live alone. *Business insider* [online]. 2016, , 16-17 [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.businessinsider.com/ibm-pepper-robot-elder-care-2016-12>
- [7] IBM MERA - robot se systémem Watson pro asistenci seniorům. *Hospodářské noviny* [online]. 2017, , 16-17 [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: http://ictrevue.ihned.cz/c3-65572440-0ICT00_d-65572440-ibm-mera-robot-pro-asistenci-seniorum
- [8] IBM [online]. [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <https://www.ibm.com/blogs/age-and-ability/2016/12/08/tour-the-ibm-aging-in-place-environment/>
- [9] *Hobbit* [online]. 2011 [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://hobbit.acin.tuwien.ac.at/about.html>
- [10] Tření: Valivý odpor. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/T%C5%99en%C3%AD>
- [11] Mikromotorky a příslušenství. *TME* [online]. TME Czech Republic [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: http://www.tme.eu/cz/details/pololu-3215/mikromotorky-a-prislusenstvi/pololu/204_1-25dx50l-mm-hp-12v-48-cpr-encoder/
- [12] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISHKE a Richard G. BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí*. 2. Brno: VUTUM, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [13] Osobní roboti. ZMS [online]. Třebíč: Milan Chaloupek, 2013 [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <http://www.zms.cz/cze/nabidka-sluzeb/vyvoj-a-vyroba-svarecek-pristupu-dochazky-solarnich-a-vetrnych-zdroju-napajecich-zdroju-robotu-a-kreativnich-hracek/osobni-roboti/>
- [14] Care-o-bot 4. *Care-o-bot* [online]. Stuttgart: Fraunhofer IPA, 2015 [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <http://www.care-o-bot.de/en/care-o-bot-4.html>
- [15] Care-o-bot 3. *Care-o-bot* [online]. Stuttgart: Fraunhofer IPA [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <http://www.care-o-bot.de/en/care-o-bot-3.html>

- [16] Care-o-bot II. *Care-o-bot* [online]. Stuttgart: Fraunhofer IPA, 2002 [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <http://www.care-o-bot.de/en/care-o-bot-3/history/care-o-bot-ii.html>
- [17] Care-o-bot I. *Care-o-bot* [online]. Stuttgart: Fraunhofer IPA, 1998 [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <http://www.care-o-bot.de/en/care-o-bot-3/history/care-o-bot-i.html>
- [18] History. *Care-o-bot* [online]. Stuttgart: Fraunhofer IPA [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <http://www.care-o-bot.de/en/care-o-bot-3/history.html>
- [19] HOBBIT - THE MUTUAL CARE ROBOT. *Hobbit* [online]. 2011 [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <http://hobbit.acin.tuwien.ac.at/>
- [20] Humanoid. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Humanoid>
- [21] KNOFLÍČEK, Radek. Průmyslové roboty a manipulátory [online]. Brno: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, FSI, VUT v Brně, 2016 [cit. 2017-05-17].
- [22] KNOFLÍČEK, Radek. Mobilní roboti [online]. Brno: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, FSI, VUT v Brně, 2016 [cit. 2017-05-17].
- [23] RUMÍŠEK, Pavel. Automatizace [online]. Brno: VUT v Brně, 2003 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/mechanizace_a_automatizace__roboty__rumisek.pdf

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Dk [mm]	- Průměr kolečka
d_{pk} [mm]	- Průměr roztečné kružnice vnitřního ozubení
aI [m ² /s]	- zrychlení
mr [kg]	- Hmotnost robotu
Fr [N]	- Síla potřebná k pohonu tělesa
F_g [N]	- Síla vyvolaná tíhou tělesa
F_v [N]	- Síla valivého odporu
F_p [N]	- Celková síla potřebná k překonání valivého odporu a hmotnosti tělesa
M_p [N·m]	- Moment potřebný k překonání valivého odporu a hmotnosti tělesa
F_{past} [N]	- Síla na pastorku
d_{past} [N]	- Průměr pastorku
M_{past} [N·m]	- Moment pastorku potřebný k překonání valivého odporu a hmotnosti tělesa
vt [m/s]	- Rychlost robotu
ω_r [rad/s]	- Úhlová rychlost kolečka
nk [min ⁻¹]	- otáčky na kolečku
$ipast$ [-]	- převodový poměr
$npast$ [min ⁻¹]	- otáčky na pastorku (potřebné otáčky motoru)
ξ [-]	- Součinitel valivého odporu
P [mm]	- Rozteč
ψ [°]	- Stoupání závitu
D [mm]	- Střední průměr
F [N]	- Zatěžující síla
F_t [N]	- Třecí síla
N [N]	- Normálová síla
m [kg]	- Hmotnost
f [-]	- Součinitel tření
M_{zv} [N·m]	- Moment potřebný pro překonání tření v závitech a pro zvedání
v [min ⁻¹]	- Rychlost zdvihu
n [ot. /min]	- Otáčky pohybového šroubu
π [-]	- Ludolfovo číslo
FIT	- Fakulta informačních technologií
<i>např.</i>	- Například
<i>Obr.</i>	- Obrázek
<i>ADV</i>	- Automatické dopravní vozíky
<i>ALR</i>	- Autonomní lokomoční roboty
<i>IR</i>	- Infračervené

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2-1 Rozdělení manipulačních robotů.....	12
Obr. 2-2 robot ASRO.....	16
Obr. 2-3 IBM MERA	17
Obr. 2-4 Generace robotů Care-o-bot.....	18
Obr. 2-5 Hobbit robot	19
Obr. 3-1 a) Model původního návrhu b) Sestrojený původní návrh.....	13
Obr. 3-2 První návrh svařovaného rámu.....	21
Obr. 3-3 Druhý návrh svařovaného rámu	21
Obr. 3-4 Třetí návrh svařovaného rámu.....	22
Obr. 3-5 Konečný návrh svařovaného rámu.....	23
Obr. 3-6 a) První varianta se dvěma ozubenými hřebeny b) Druhá varianta s jedním ozubeným hřebenem	24
Obr. 3-7 a) První varianta s jedním pohybovým šroubem b) Druhá varianta se dvěma pohybovými šrouby	24
Obr. 3-8 První varianta vysouvacího mechanismu.....	25
Obr. 3-9 Druhá varianta vysouvacího mechanismu.....	26
Obr. 3-10 Třetí varianta vysouvacího mechanismu.....	26
Obr. 3-11 Finální varianta vysouvacího mechanismu	27
Obr. 3-12 První varianta pohonu	28
Obr. 3-13 Druhá varianta pohonu	28
Obr. 3-14 Třetí varianta pohonu	29
Obr. 3-15 Návrh zvedacího mechanismu	30
Obr. 3-16 DC motor.....	30
Obr. 4-1 Parametry DC motoru	32
Obr. 4-2 Silové poměry na rozvinutém závitu: a) zvedání břemene b) spouštění břemene	33

10 SEZNAM PŘÍLOH

10

Příloha 1: A170619-10

Příloha 2: A170619-20

Příloha 3: A170619-30

Příloha 4: A170619-40